

京都大学 正金員 黒田 勝彦

京都大学。学生会員 浅岡 賢

1. はじめに

軟弱な粘土地盤上の土構造物の建設においてしばしば用いられるいわゆる多段階荷工法では、圧密に伴う地盤強度の遷移過程の正確な把握が、施工全体の信頼性を高める上で重要である。地盤が不均質な場合は、地盤内にみける C_u の平均値 $(C_u)_m$ の遷移過程とともに C_u の分散 $V[C_u]$ の遷移の把握も必要となる。この遷移過程について確率論的に考察するとともに、結果をデータから検討する。さらにこの結果に基づき、築土の段階施工における破壊確率の推移について特徴的な事柄を述べる。

2. $(C_u)_m, V[C_u]$ の遷移過程

均質な粘土試料については、 C_u とそのときの圧密荷重 p との比 C_u/p が、 p の大きさにかかわらずその試料に固有の定数になることが知られている。現実には地盤内の各点における一組の値 (C_u, p) は地盤内ではランダムにばらついているが、個々の点における C_u と p との一意的な関係から、 p のばらつきに関する地盤状態の遷移を知れば、 C_u のそれを知ることが出来る。さて、全体として一次元圧密を受ける地盤では、圧密前後の鉛直圧密圧力と p_{x1}, p_{x2} とすれば、組 (p_1, p_2) について、条件

$$(m_c)_m \times \left\{ (\log p_{x1})_m / \log[(p_2)_m / (p_1)_m] \right. \\ \left. + \left\{ \text{Cov}(m_c, \log p_x) - \text{Cov}(m_c, \log p_x) \right\} / \log[(p_2)_m / (p_1)_m] : p_x = \log p_x \text{ (絶対値)} \right. \\ \left. \left\{ \text{Cov}(m_c, p_x) - \text{Cov}(m_c, p_x) \right\} / \left\{ (p_2)_m - (p_1)_m \right\} : \right.$$

が成立することが予想されている。ここに $m_c = C_u/H_0$ であり、 $\text{Cov}(\cdot)$ は共分散を表わす。この条件は、 $\log p_{x1}$ と $\log p_{x2}$ および p_{x1} と p_{x2} の相関係数を同時に 1 とすることによって得られる次の関係式、

$$p_x | x = \alpha(z) \quad p_x | z \\ \alpha(z) = (p_x)_m / (p_z)_m | z : \text{definite value}$$

によって満足される (十分条件)。この関係と、前述した個々の組 (C_u, p) における C_u と p との関係の一意性から、圧密前後の C_u のばらつき方について、

$$(C_u)_m | z = \alpha(z) (C_u)_m | z \\ V[C_u] | z = \alpha(z)^2 V[C_u] | z \quad \left. \right\} (2)$$

が得られる。 $\alpha(z)$ は $1 + \beta/(p)_m | z$ (β は上載荷重) とも表わされる。すなわち、式(1)は個々の組についての $(C_u/p)_m$ の値よりも $(C_u)_m / (p)_m$ がより重要であることを示す。 C_u と p とは一般に塑性指数 I_p を介してかなり相関があるから、 $(C_u/p)_m$ と $(C_u)_m / (p)_m$ とは必ずしもより一致を示さないのであろう。式(1)は、地盤中で C_u のばらつきの方が、変動係数を一定に保ちつつ遷移してゆくことを示している。

3. データからの考察

正規圧密状態にある海成粘土地盤については、Lumb らが、 C_u は、平均及び偏差とも深さに対して線形に増加するタイプであるとしているが、このことは式(1)の内容を直接支持している。さて、図1の a), b), c), d) は、多段階荷工法によって C_u のばらつきの状態が遷移してゆく様子を示した実験データである。このデータについて平均比と偏差比との値を示したものが図2である。図2のすべては、比の分母に初期地盤をとっている。築土5

mの間隔でデータを処理し、その間の右(8)の変動を考慮していなりこから厳密な検討はできないが、お、む付式(1)の内容が反映されているだろう。

4. ニつの地盤のタイプと破壊確率の選択

初期地盤をニつのタイプに分ける。(Type 1); Cu が深さと相関を持たない場合。(Type 2); Cu より cz の深さに対する線形回帰を考慮する必要がある場合。さて、地盤の急激なせん断破壊で、 Cu が地盤中の平均値が同値となる場合²⁾、式(1)からこの値はType 1, Type 2でそれぞれ
 Type 1; $(Cu)_m = c(Cu)_n$ --- (2)
 Type 2; $(Cu)_m = (Cu)_n \times \frac{c}{b} \cdot 8$ --- (3)
 となる。ただし、 $c = 1 + 8/(cz)_m$ であり、 b, c は P_z , Cu_z の深さに対する線形回帰係数である。表1は、Type 1, Type 2について、それぞれ、高さ10mの盛土を4段階以降の各段階毎施工で立上ける施工計画の計算例の一部を示している。破壊確率は、 $(Cu)_m$ に対する事前の主観確率密度(正規分布 $N(2.2, 0.5^2)$)、サンプルサイズ50個のもとで計算されている。同表で実現値の確は50個のサンプル平均をあらわす。また、 P_n は事後分布の平均値と実現値とから計算される安全率、 P_R は破壊確率をあらわす。

この計算結果から、式(2), (3)を等置して得られるその地盤の基準強度、 $\sigma = (cz)_m \times (\frac{c}{b})$ に対し、 $(Cu)_m > \sigma$ であれば、真の地盤のTypeが、Type 2であるにもかかわらず、誤ってType 1と見なすと、 $(Cu)_m < \sigma$ であれば、真の地盤のTypeが、Type 1であるにもかかわらず、誤ってType 2と見なすと、それぞれ、設計が危険側になることを示している。強度増加量を誤って大きく見積るからである。表1の計算のための最適手法と結果の考察は講演時に報告いたします。

- 1) 松尾・渡田(1974); 沈下予測に用いる統計的考察, 環論報告No.225
- 2) 黒田・渡田・鈴木(1977); 不均質地盤の確率論的取扱に關する考察, 環論支部

実現値 $Cu(\%)$	Type 1				Type 2			
	H2: 2段階での盛土高さ(m)	T2: 2段階での圧密沈下期間(日)	安全率	破壊確率	H2: 2段階での盛土高さ(m)	T2: 2段階での圧密沈下期間(日)	安全率	破壊確率
1.67	第1段階	第2段階	第3段階	第4段階	第1段階	第2段階	第3段階	第4段階
1.86	施工不可能				H=5.5m $P_R=1.0$ T=1 $P_R=1.0$	2.5m 1.07 0.4 0.9%	1.5m 1.06 1.0m 1.04%	1.0m 1.04%
2.01	6.0m 1.08 0.4 0.9%	2.0m 1.11 0.4 0.3%	1.0m 1.14 0.2 0.02%	2.0m 1.08 1.4%	5.5m 1.10 0.4 0.5%	2.0m 1.07 0.4 0.11%	1.5m 1.06 0.4 0.9%	1.0m 1.05 0.2 0.2%
2.20	6.0m 1.19 0.2 0.0%	2.0m 1.12 0.2 0.03%	1.0m 1.15 0.2 0.0%	2.0m 1.12 0.02%	6.0m 1.19 0.2 0.0%	1.5m 1.18 0.2 0.0%	1.5m 1.10 0.2 0.0%	1.0m 1.08 0.2 0.01%
2.40	6.5m 1.19 0.2 0.0%	2.0m 1.17 0.2 0.0%	1.5m 1.14		6.5m 1.19 0.2 0.0%	2.0m 1.13 0.2 0.0%	1.5m 1.08 0.2 0.02%	
2.54	7.5m 1.10 0.2 0.02%	2.5m 1.09 0.18%			6.5m 1.27 0.2 0.0%	2.0m 1.18 0.2 0.0%	1.5m 1.13 0.0%	
2.73	7.5m 1.18 0.2 0.0%	2.5m 1.17 0.0%			7.5m 1.18 0.2 0.0%	2.5m 1.09 0.02%		

図1 a~d

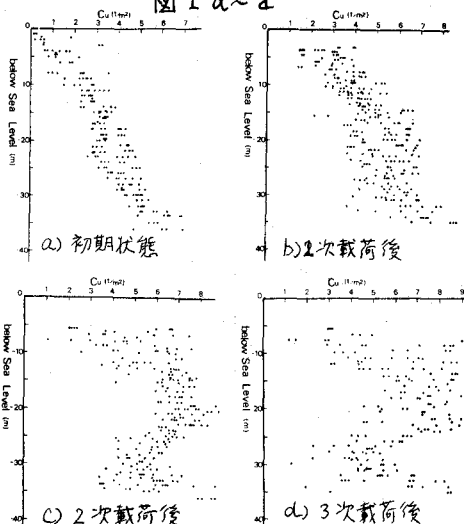


図2

